

香港维多利亚港沉积物中 ALPase 活力与各形态磷及微生物特性的关系^{*}

薛雄志 洪华生

(厦门大学环境科学研究中心, 厦门)

关键词 碱性磷酸酶活力 沉积物 微生物指标 磷形态

前言

鉴于碱性磷酸酶 (alkaline phosphatase, EC 3. 1. 3. 1, 英文缩写 ALPase) 在磷的生物地球化学循环过程中所起的作用, 已有不少学者对海洋中碱性磷酸酶进行了研究^[1~4]. 为了研究近岸、港湾沉积物的释磷机制, 我们结合国家基金课题, 对厦门西海域和香港维多利亚港沉积物中 ALPase 活力进行了研究, 部分研究成果已发表^[5,6]. 香港维多利亚港是一个繁忙的国际港口, 也是香港的中心港区, 长年来承纳着周边居住的400多万人所产生的种种陆源污染物质. 相对厦门西海域而言, 前者是发达港口, 而后者是发展中港口. 从水体污染的角度而言, 香港维多利亚港与厦门西海域相比, 纳污总量大, 且纳污历史久远^[7]. 研究厦门西海域沉积物中 ALPase 活力分布及其与各形态磷含量的关系时, 我们发现存在着这样的规律: 一是 ALPase活力与陆源排污对水体污染程度呈正相关性, 二是 ALPase 活力与沉积物中总磷、总无机磷含量明显相关. 香港维多利亚港的沉积环境明显不同于厦门西海域, 其沉积物中 ALPase 活力水平是否也存在同样的规律是我们所希望了解的. 为此, 我们从沉积物中 ALPase 活力与磷存在形态及一些微生物特性指标的关系研究入手, 分析探讨香港维多利亚港沉积物中 ALPase活力分布的一些特性.

1 材料与方法

1.1 样品采集与预处理

本课题海上采样时间为1994年7月, 采样站位示于图1, 沉积物样品的采集采用蚌式采泥

本文于1996-11-11收到, 修改稿于1997-02-17收到.

^{*} 国家自然科学基金资助项目 (编号: 49356001和49406071).

器采集沉积物表层约10cm厚度的泥样,样品冷冻保存,6h以内测酶活和微生物特性指标,其余样品经冷冻干燥,过200目筛后用于测定各形态磷含量。

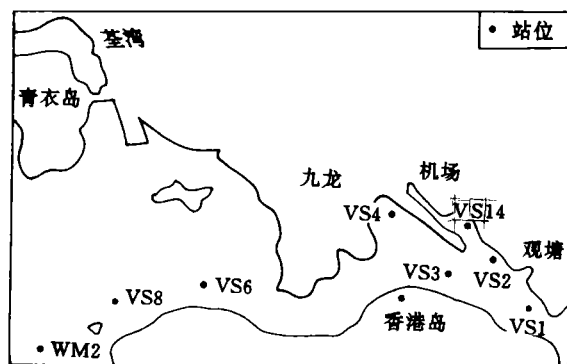


图1 香港维多利亚港沉积物监测站位

1.2 测定方法

(1) 总磷 (TP)、总无机磷 (TIP)、总有机磷 (TOP) 和弱吸附可交换磷 (LSEP), 检测参见文献 [5]。(2) 碱性磷酸酶活力的测定采用荧光分光法, 详见文献 [5]。(3) 微生物指标的测定。

总好氧异养菌数、粪大肠杆菌数、酵母菌数的测定: 取沉积物样6g (湿重) 用200cm³无菌海水振荡稀释, 作为样品母液。再根据浓度要求进行不同程度的稀释。取稀释至不同浓度的沉积物悬浮液

倒入 Millipore 细菌培养板盒里 (商品名为 Millipore Sampler, Millipore 公司产品), 一定条件下培养后, 计数培养板上的菌株。上述各种菌的培养条件分别为: 总好氧异养菌: 35℃培养48h; 粪大肠杆菌: 44℃培养24h; 酵母菌: 30℃培养48h。

硫酸盐还原菌、总菌的测定: 硫酸盐还原菌采用3管法测定, 总菌采用荧光显微镜镜检法测定, 具体方法参见文献[8]。

2 结果与讨论

2.1 ALPase 活力与各形态磷含量的关系

通过检测, 香港维多利亚港沉积物中 ALPase 活力的分布情况如图2所示, 各站位 ALPase 活力和各形态磷含量的数值列于表1。从 ALPase 活力分布上看, VS14和 VS4两个污染负荷量

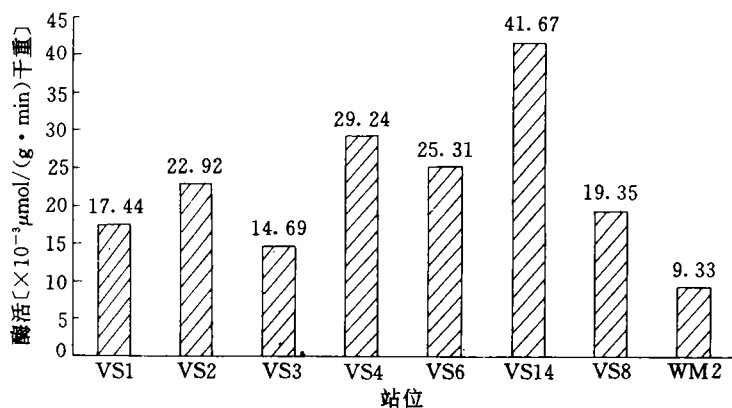


图2 ALPase 活力水平分布

最大的站位^[6]的 ALPase 酶活水平较高；处于港外的 WM2 站位最低. 表1的数据表明, 各站位 ALPase 活力与各形态磷含量相关性以 TP、TIP 最好, LSEP 则基本上和 ALPase 活力不相干, 图3给出了 ALPase 活力与 TP、TIP、TOP 的分布.

表1 ALPase 活力与各形态磷浓度 酶活单位: [$\times 10^{-3} \mu\text{mol}/(\text{g} \cdot \text{min})$]

站位	VS1	VS2	VS3	VS4	VS6	VS14	VS8	WM2	Ave.	r^* ($n=8$)
ALPase 活力	17.4	22.9	14.7	29.2	25.3	41.7	19.4	9.3	22.5	
TP ($\mu\text{g/g}$)	438.3	493.5	423.8	514.9	384.4	811.8	382.3	341.6	473.8	0.884
TIP ($\mu\text{g/g}$)	351.1	344.9	334.9	383.8	318.9	647.9	288.3	262.6	366.6	0.878
TOP ($\mu\text{g/g}$)	87.2	148.6	88.9	131.1	65.5	163.9	94.0	79.0	107.3	0.726
LSEP ($\mu\text{g/g}$)	69.2	65.0	77.3	90.1	86.0	84.6	100.0	84.6	82.1	0.152

* r = ALPase 活力与各形态磷浓度的相关系数.

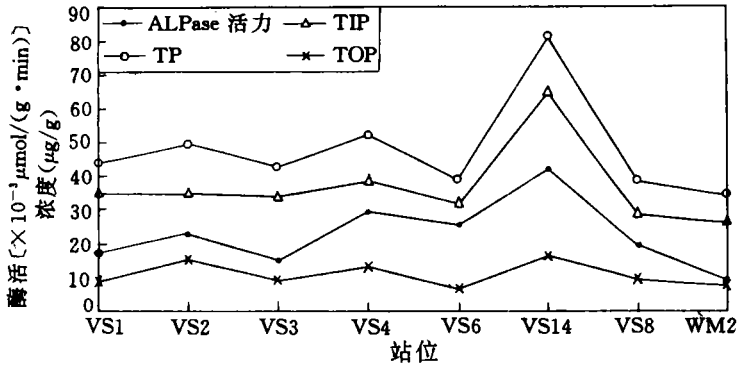


图3 各站位 ALPase 活力与 TP、TIP、TOP 含量比较

由表1中的 r 值和图3中的曲线变化分析, 香港维多利亚港沉积物中 ALPase 活力与沉积物中所含磷酸盐关系密切, 尤其与总磷和总无机磷含量关系呈现较强的正相关性. 这点与我们对厦门西海域海洋沉积物 ALPase 活力的研究结果相一致^[5], 尽管香港维多利亚港沉积物的 ALPase 活力平均值比厦门西海域的高出一个数量级左右, 各站位差别也较大. 这种结果的一致性, 表明沉积物中的 ALPase 活力确实在沉积物的磷循环中起了一定的作用, 尤其是在形成无机磷的过程中; 同时也表明 ALPase 活力水平的确与富营养物质的沉积程度有关. 有关 ALPase 活力与 TP、TIP 之所以呈正相关的原因, 我们在“厦门西海域沉积物中碱性磷酸酶活力的分布、动态及其与各形态磷的关系”一文中已作过探讨, 详细讨论参见文献[5].

2.2 ALPase 活力与微生物特性指标的关系

表2示出各站位各项微生物特性指标的数值及其与 ALPase 活力的相关系数, 其中硫酸盐还原菌数与 ALPase 活力相关性最强, 总好氧异养菌数与 ALPase 活力的相关性最弱, 总菌数则与 ALPase 活力基本不相关, 粪大肠杆菌、酵母菌的特性指标数值与 ALPase 活力均存在一

定的相关性，图4给出了4组微生物特性指标与 ALPase 活力在各站位的关系图。

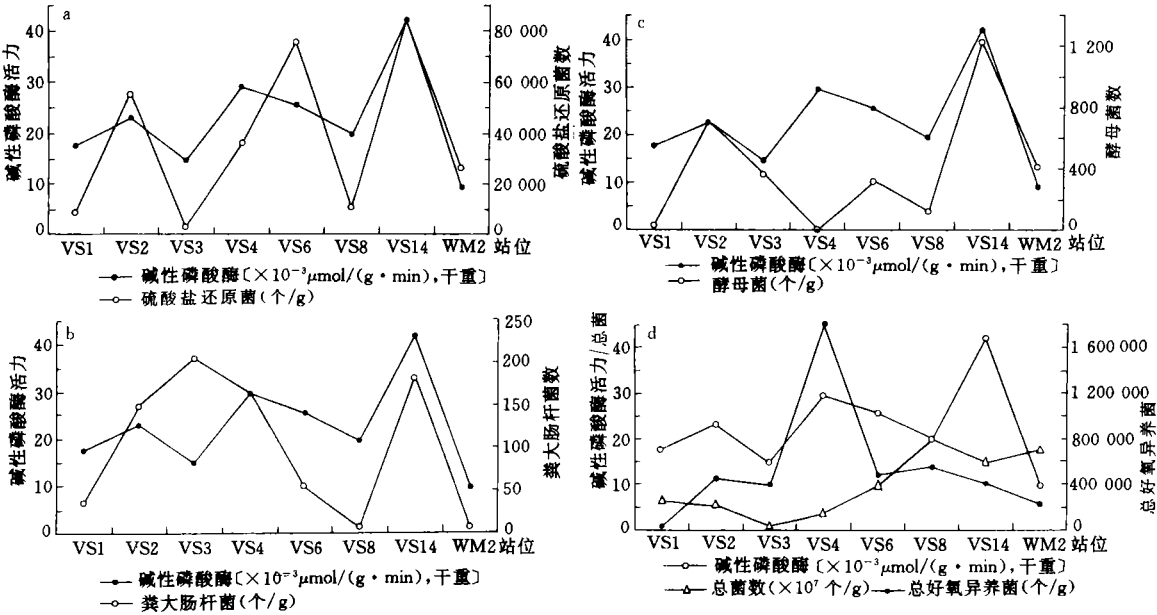


图4 各站位 ALPase 活力与微生物特性指标的分布比较

表2 微生物特性指标及与 ALPase 活力的相关系数

单位: 个/g (湿重)

站位	VS1	VS2	VS3	VS4	VS6	VS8	VS14	WM2	r (n=8)
总菌数 (×10 ⁷)	6.56	5.52	1.01	3.7	9.68	19.6	14.7	17.4	0.010
总好氧异养菌数	27 000	450 000	385 000	1 800 000	480 000	540 000	390 000	230 000	0.357
粪大肠杆菌数	35	150	205	165	53	5	182	5	0.509
硫酸盐还原菌数	8 300	55 000	2 300	36 000	75 600	10 500	85 000	25 700	0.764
酵母菌数	33	700	360	5	315	110	1 210	400	0.567

香港维多利亚港沉积物中 ALPase 活力随站位不同而变化的规律与厦门西海域的相同，表现出与该站位水体的污染负荷（尤其是富营养）相关性较强的特点，这我们已在“海洋沉积物中碱性磷酸酶活力与水体污染的关系”^[6]一文中作了论述. 在该文中我们曾针对两港沉积物环境的不同，尤其是有害物质含量的不同，但却有同样的 ALPase 活力高低随水体污染状况相关的规律这一事实作了预测分析，认为两港沉积物中应有某种或某几种微生物，它们在该沉积环境条件下具有种群的优势，而 ALPase 的贡献主要来自于它们，表2、图4的结果为这种预测分析提供了初步的证据。

在所检测的几种微生物特性指标中，总菌数/总好氧异养菌数表现出与 ALPase 活力不相关/相关性弱的特点，表明并非所有微生物都对 ALPase 活力有贡献；各站位粪大肠杆菌数除了 VS3 站位外，均与 ALPase 活力呈现出的相关性，在一定程度上表明大多数站位 ALPase 活力的变化与生活污水的污染程度有关，似可进一步证明香港维多利亚港沉积物中 ALPase 活

力与水体受污染的程度呈正相关的分析^[6]; 硫酸盐还原菌与 ALPase 活力相关系数最大的结果, 表明各站位 ALPase 活力与沉积物的厌氧环境条件有较密切的关系, 这可以有两种可能性, 一是水体富营养化致沉积环境中有机物含量增大, 微生物分解有机物的强度随之增大, 而造成还原性高的厌氧环境, 硫酸盐还原菌也就大量繁殖, 归根到底仍是水体受污染造成的; 另一种可能是, 香港维多利亚港沉积物中硫酸盐还原菌正是 ALPase 活力的主要贡献者之一; 酵母菌作为一种具有同化多种烃类化合物能力并参与了无机物与有机物转化过程的微生物, 其存在数量的多少往往也是有机物质污染和富营养化的指标. 由图4 (c) 中可看出, 除 VS4 站位外, 其变化趋势与 ALPase 活力的变化基本一致. 其与 ALPase 活力的相关系数同粪大肠杆菌的相近. 上述结果从微生物生态的角度为海洋沉积物中 ALPase 活力与沉积物受污染的程度呈正相关的结论提供了初步佐证.

3 小结

(1) 香港维多利亚港沉积物的 ALPase 活力与沉积物中总磷、总无机磷的含量呈正相关.

(2) 沉积物中 ALPase 活力分布与微生物特性指标所指示的受污染程度存在一定的相关性, 与沉积物的厌氧环境条件相关性显著.

在香港工作期间得到香港环境保护署大力协助, 以及香港科技大学研究中心黄玉山博士、城市大学谭凤仪博士的指导, 谨致谢忱.

参考文献

- 1 Kensei Kobayashi *et al.* Identification of alkaline phosphatase in sea water. J. Inorg. Biochem., 1983, **18**, 41~47
- 2 Berman T. Differential uptake of orthophosphate and organic phosphorus substrates by bacteria and algae in Lake Kinneret. J. Plankt. Res., 1988, **10**, 1 239~1 249
- 3 Cembrella A D *et al.* The utilization of inorganic phosphorus and organic compounds as nutrients by eukaryotic microalgae: a multidisciplinary perspective; Part I. CRC. Crit. Rev. Microbial., 1983, **10**, 317~391
- 4 洪华生等. 海水中碱性磷酸酶活力的测定及其在磷的循环中的作用初探. 海洋与湖沼, 1992, **23** (4): 415~419
- 5 薛雄志等. 厦门西海域沉积物中碱性磷酸酶活力的分布、动态及其与各形态磷的关系. 海洋学报, 1995, **17** (5): 81~87
- 6 薛雄志等. 海洋沉积物中碱性磷酸酶活力与水体污染的关系. 台湾海峡, 1995, **14** (3): 274~279
- 7 张珞平等. 香港维多利亚港的环境状况评述. 海洋通报, 1994, **13** (6): 75~80
- 8 郑天凌等. 海水养殖环境中的主要微生物及其监测技术. 环境与生态论丛, 1993, 63~68